

# Pump Express и школьный курс физики

15 Апр 2016



Требования к современным смартфонам не зависят от количества заявленных там процессорных ядер. Сакраментальный вопрос: «Как долго можно эксплуатировать гаджет без подзарядки?» — выдвигает на первый план ёмкость аккумуляторной батареи. Вторая по значимости проблема — быстрое восстановление ее работоспособности (зачастую, в некомфортных условиях). К сожалению, огромная номенклатура зарядных устройств для различных гаджетов в сочетании с негативным отношением производителей к унификации, переводит проблему выработки единого стандарта из области технологической в область политическую. Попробуем разобраться в вопросе исключительно с

инженерной точки зрения, рассмотрев [инициативы компании MediaTek](#): стандарты *Pump Express (PE)* и *Pump Express Plus (PE+)*. По заявлениям разработчиков, эффективность процесса зарядки аккумуляторов мобильных устройств планируется увеличить более чем в два раза.

## Управление напряжением: Linear vs Switching

Проанализируем сравнительную таблицу (рис.1). Важное отличие между двумя реализациями стандарта отражено во второй строке *Charger Type*. Именно этот фактор позволил в варианте PE+ увеличить мощность зарядного устройства, о чем свидетельствует строка ~~Adaptor~~ *Adapter Adapter Power*.

### SPECIFICATIONS

	Pump Express	Pump Express Plus
Adaptor type	PSR	PSR (or SSR)
Charger type	Linear	Switching
Charging current	$\leq 2A$	$\geq 3A$
Interface & Protocol	VBUS / PE	VBUS / PE+
Adaptor output voltage	3.6V ~ 5.0V	5.0V~7V,9V/12V
Cost Reduction	\$0.25 (1.5A Switching Charger)	N/A
Adaptor power	5W (1.2A) 7.5W (1.5A) 10W (2.0A)	15W (9V/1.67A) -> 3A Charge Current 24W (12V/2A) -> 4.5A Charge Current
Certification	Optional	Required

Рис.1. Сравнение спецификаций Pump Express и Pump Express Plus

При использовании *линейного* (linear) регулятора, последовательно с нагрузкой включается регулирующий элемент (например, транзистор) сопротивление которого динамически определяется схемой управления (например, операционным усилителем). Целью стабилизации является

обеспечение постоянства напряжения на нагрузке при изменениях входного напряжения, а также изменении тока, потребляемого нагрузкой. Избыток мощности, равный произведению тока через регулирующий элемент и падения напряжения на нем, рассеивается в виде тепла и оплачивается потребителем наряду с «полезной» мощностью. Напомним формулу из школьного курса физики  $P=UI$ . Альтернатива состоит в использовании *импульсного* (switching) регулятора на основе широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Он сложнее, но обладает более высоким КПД. Вкратце, принцип его работы состоит в том, что регулирующий элемент (ключ) может быть в двух состояниях: открыт или закрыт. В открытом состоянии падение напряжения на регулирующем элементе стремится к нулю, а ток максимален. В закрытом состоянии наоборот, ток около нуля. В обоих случаях один из множителей в формуле мощности стремится к нулю, поэтому потери энергии минимальны. Управление напряжением нагрузки осуществляется за счет изменения соотношения времени открытого и закрытого состояния ключа с последующим интегрированием. Типовые преобразователи используют частоты переключения порядка сотен кГц.

## Цепь обратной связи: PSR vs SSR

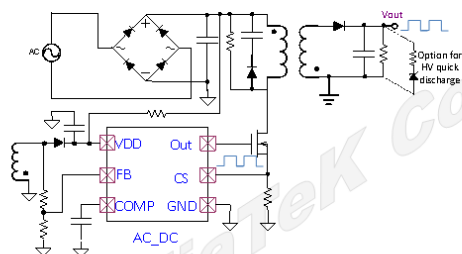
Зарядное устройство преобразует переменное напряжение питающей сети в постоянное напряжение для заряда аккумулятора мобильного устройства. Основными его компонентами являются сетевой выпрямитель на основе диодного моста, широтно-импульсный модулятор с транзисторным ключом, разделительный трансформатор и выпрямитель вторичной цепи.

### Application Circuit Example

Through the primary side sense the current pattern of the output loading and adjust the output voltage.

MTK travel adaptor(TA) I/F can implement not only PSR architecture but also SSR.

#### Primary Side Regulation (PSR)



#### Secondary Side Regulation(SSR)

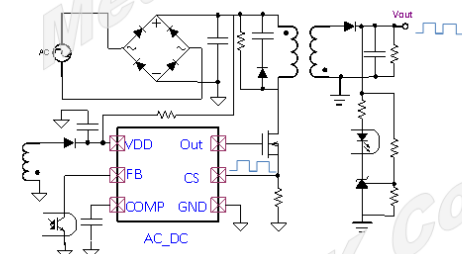


Рис 2. Два варианта схемы регулятора напряжения для зарядного устройства

**Примечание.** В случае Primary Side Regulation (PSR) обратная связь охватывает только первичную цепь. В случае Secondary Side Regulation, вторичная цепь охвачена обратной связью. Схема сложнее, стабилизация лучше.

Рассмотрим два варианта схемы такого устройства, отличающиеся реализацией цепи отрицательной обратной связи. Напомним, обратная связь обеспечивает контроль выходного напряжения регулятора с целью его стабилизации. Под стабилизацией здесь понимается минимизация зависимости выходного напряжения от двух факторов: входного напряжения и тока нагрузки. В обоих рассмотренных случаях используется импульсное управление.

В варианте *Primary Side Regulation (PSR)* напряжение обратной связи формируется в первичной цепи, до разделительного трансформатора. На вход FB (Feedback) микросхемы широтно-импульсного модулятора (ШИМ), с дополнительной обмотки трансформатора, через резисторный делитель подается управляющее напряжение. Преимущество такой схемы в ее простоте, для обратной связи (вход FB) и для питания ШИМ (вход VDD) используется одна и та же цепь. Ее недостатком является то, что вторичная цепь, находящаяся после разделительного трансформатора, не охвачена обратной связью, ток нагрузки оценивается только благодаря индуктивному взаимодействию между обмотками трансформатора, что неизбежно повлияет на стабильность выходного напряжения регулятора при изменении тока нагрузки.

Этот недостаток устранен в варианте *Secondary Side Regulation (SSR)*. Здесь объектом мониторинга обратной связи является вторичная цепь. Для гальванической развязки используется оптрон. Итак, выходное напряжение устройства ( $V_{out}$ ) снимаемое со вторичной обмотки разделительного трансформатора и выпрямителя, поступает на светодиод оптрона. Приемником является его фотодиод, подключенный к входу FB микросхемы ШИМ. Таким способом контролируется конечный результат работы регулятора — напряжение на нагрузке, с учетом возможных изменений потребляемого тока.

## Резюме

---

Не удивительно, что обеспечение высокого коэффициента полезного действия (КПД) регулятора, а также стабильности его выходного напряжения, потребуют некоторого усложнения, соответственно, удорожания. Ведь за все в этом мире надо платить, и экономия на зарядном устройстве чревата убытками, сумма которых может выражаться в стоимости нового мобильного телефона или планшета.

## Вместо послесловия

К сожалению, унифицированные протоколы интеллектуального взаимодействия донора и акцептора, такие как [Battery Charging Specification](#), не были в фокусе данного проекта.

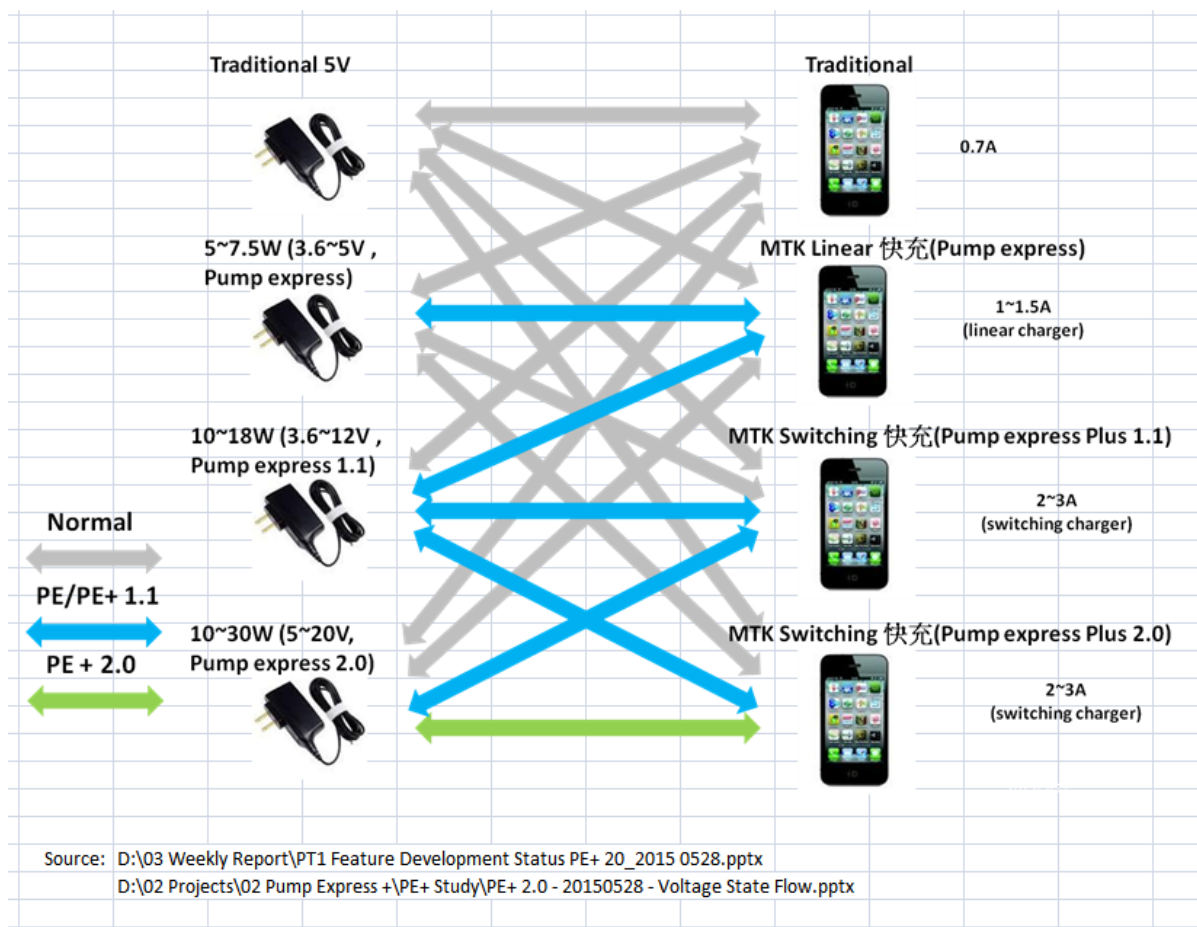


Рис.3. Диаграмма совместимости заряжаемых и заряжающих устройств

Обилие стрелок, символизирующих совместимость, подсознательно внушает оптимизм. Жаль, что на этой диаграмме так и не нашлось места стандартному USB-порту.